

## 油の微生物分解処理技術の一般化に関する研究（その6）

小谷公人\*・齊藤雅樹\*\*・吉岡誠司\*

\*製品開発支援担当・\*\*工業振興課

### Research and Development for Utilization/Generalization of Biodegradation Disposal of Recovered Oil (6<sup>th</sup> Report)

Kimito KOTANI\*, Masaki SAITO\*\*, Seiji YOSHIOKA\*

\*Product Development Group, \*\*Industrial Development Division

#### 要 旨

東日本大震災の被災地復興を技術支援するため、23年度に実施した災害漂着油回収物をパーク堆肥によりバイオ処理する技術の実証試験を継続し、その分解プロセス把握、緑化資材化に必要な試験、復興資材活用に向けた協議等を行った。その結果、A重油とC重油が混濁した重油系油種の災害漂着油回収物のパーク堆肥中での油分濃度は、試験開始時に推算された約5,800±620ppmから約8ヵ月で500ppm（検出限界）以下となり油分解が確認された。また、この実証試験パーク堆肥は、重金属についても環境基準を下回っていたこと、有害物質による植物の成長阻害や異常症状は認められなかったことから、関係機関と復興資材活用の協議を行って試行実施が検討可能であった。

#### 1. はじめに

本研究では、回収油の現処理法である「焼却」に対し、全国各地のパーク堆肥製造工場での発酵工程をそのまま分解処理に適用するバイオ処理の実証モデルの研究普及活動を継続して行ってきた。平成19年度から、環境負荷低減型の処理と位置付けられる油流出事故等の油回収物の微生物分解処理技術の社会実装を目標として、これまで「回収油を閉鎖サイトにおいて微生物分解処理した安全な残留物を環境に戻す」シナリオ実現をめざしバイオ処理の拠点づくりを行ってきた。

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波等により、広域性と多発性を特徴とする「国内史上最大級の油流出災害」が発生したと捉えて、23年度の活動は、この震災に関連する復興技術支援プロジェクトとして位置付けた。つまり、被災地の環境を修復する新たな社会技術として、前報<sup>1)</sup>のとおり実証試験を大船渡市で開始した。本研究は、この実証試験を継続し、油の分解プロセスの把握や緑化資材化に向けた安全性の確認を行って、復興資材活用に向けた協議の取り組みを行った。

#### 2. 実証試験の内容

##### 2.1 災害漂着油種の分析

前報では、漂着油回収物中の油層部、水層部の油分濃度を測定したが、その油種の分析は行っていなかったことから、GC-FID法によるTPH試験を行って、標準サンプルのクロマトグラムと比較して濁油層の油種を調べた。

##### 2.2 誤差評価及び油分濃度の測定方法

各測定値及び油分濃度における誤差評価はこれまでの実験に準じて行った。また、サンプリングにおける誤差も同様にこれまでの実験から相対誤差=68%とした。油分濃度の低い測定値では影響が大きいため、結果の評価において注意が必要である。

実証試験の処理作業及び測定方法については Fig.1 に示す。前報のとおりパーク堆肥 100 m<sup>3</sup>(約 50 t)に災害漂着油回収物を総重量で約 1.6 t 投入した状態で約 6 ヶ月間は 2 週間ごとに行う攪拌時にサンプルを採取した後、油分濃度を n-ヘキサン抽出法により 1 か月ごとに測定した。油膜油臭が認められない状態となった約 6 ヶ月以降継続した本研究では、約 8 ヶ月目と約 14 ヶ月目にサンプルを採取し同様に油分濃度を測定した。また、約 14 ヶ月目の時点で実証試験パーク堆肥の GC-FID 法による THP (=全石油系炭化水素 C6~44) 試験を行って、そのクロマトグラムにおける残留するガソリン (C6~12)、軽油 (C12~28)、残油 (C28~44) の油分組成の性状を調べた。

##### 2.3 重金属等土壌環境基準分析

重金属等 11 種の分析測定については、平成 3 年 8 月 23 日 環境省告示第 46 号「土壌の汚染に係る環境基準」で指定する項目の分析方法で行った。

##### 2.4 植害試験

昭和59年4月18日付け59農蚕第1943号 農林水産省農蚕園芸局長通知「植物に対する害に関する栽培試験の方法」に定める試験方法で行った。



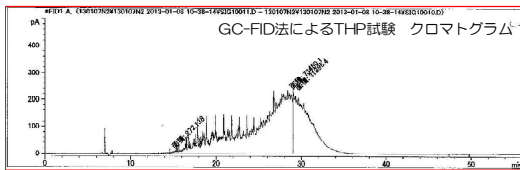
Fig.1 実証試験のバイオ処理風景及びサンプリング測定記録作業

### 3. 実証試験の結果及び考察

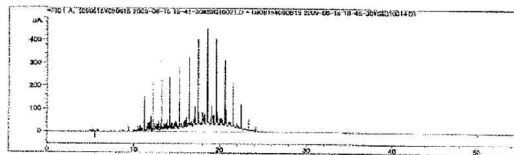
#### 3.1 災害漂着油の油種

GC-FID法によるTPH試験を行ってこの災害漂着油の油種を標準サンプルのクロマトグラムと比較して調べた結果をFig.2 に示す。この災害漂着油回収物濁油層は、標準サンプルC重油とA重油のクロマトグラムが重なり合ったクロマトグラムを示した。よって、C重油が主体でA重油と混濁した重油系漂着油であると確認した。

#### 災害漂着油回収物濁油層の油種（大船渡）



#### 軽油又はA重油（標準サンプル）



#### C重油（標準サンプル）

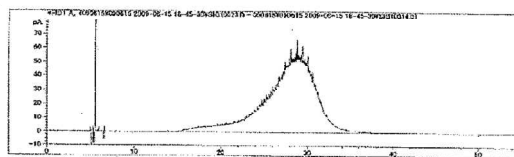


Fig.2 濁油層のクロマトグラム

#### 3.2 油分濃度の変化及び分解プロセス

実証試験を開始した平成23年10月6日から平成24年11月30日までの約14ヵ月間のバーク堆肥の内部温度や油分濃度の経時変化及び観察記録をFig.3に示す。

バーク堆肥の内部温度は発酵温度を示すとされ、微生物の分解活性を知る指標のひとつと考えられる。試験開始時にパイル状にしたバーク堆肥中3地点（上段、中段、下段）の内部温度は48～45℃であった。既に堆肥発酵中のバーク堆肥を使用し、微生物が分解に必要な酸素を供給する攪拌作業を行うことで、内部温度は3ヵ月以上55～

31℃で推移していた。特に、地点B（中）としたバーク堆肥中央部は、実証試験地の寒冷な気象条件であっても約6ヵ月後の平成24年3月まで40℃近い内部温度を維持できていた。このことから、一般的に微生物では難分解とされている重油を含むバーク堆肥であっても、分解微生物が高い活性状態を継続していたことを示す発酵による内部温度と考えられた。約8ヵ月後となる同年5月以降は3地点とも20℃前後で推移していることから、この内部温度の低下状態はほぼ発酵分解を終えた状態にあると考えられる。（Fig.3下のグラフ）

油膜や油臭については、バーク堆肥に投入埋設した災害漂着油回収物により、約3ヵ月前後まで目視上や官能検査で観測されましたが、周辺環境に影響することはなかった。しかし、その後は観測できず油膜や油臭を生じる状態ではないことが示唆された。なお、重油系の漂着油を吸着した樹皮製油吸着材は目視観察上約2ヵ月前後で識別できなくなり、比較的早い段階で杉樹皮や綿不織布が分解過程に入ることも確認できた。（Fig.3中の矢印）

バーク堆肥中の油分濃度は、バーク堆肥中の3地点で任意に9箇所から採取したサンプルを試料とする方法でサンプリング測定した。この場合の油分濃度は、開始直後は一部の回収物と接した堆肥周辺で局所的に高く、攪拌作業によってバーク堆肥と混ざり合うことで分散均質化してゆく傾向がある。今回の実証試験では開始時点の推算油分濃度約5,800±620ppmを超えるような局所的高濃度な試料がサンプリングできなかった。サンプリングに起因する誤差（相対誤差68%）で補正した油分濃度は、約3ヵ月後（78日）が約4,000～500ppmであったが、約4ヵ月後（110日）で約2,300～500ppm（検出限界）以下と開始時の1/2～1/10以下に低下し、その後も約6ヵ月後まで同様に推移していたが、約8ヵ月（236日）以降はいずれも500ppm（検出限界）以下となり、油分が測定できなかった。（Fig.3上のグラフ）

また、n-ヘキサン抽出法による油分の定量だけでなく、約14ヶ月（421日）後の時点で実証試験バーク堆肥のTPH試験を行って残留する油分組成の性状を調べたところ、全石油系炭化水素＝THP（C6～44）、クロマトグラムにお

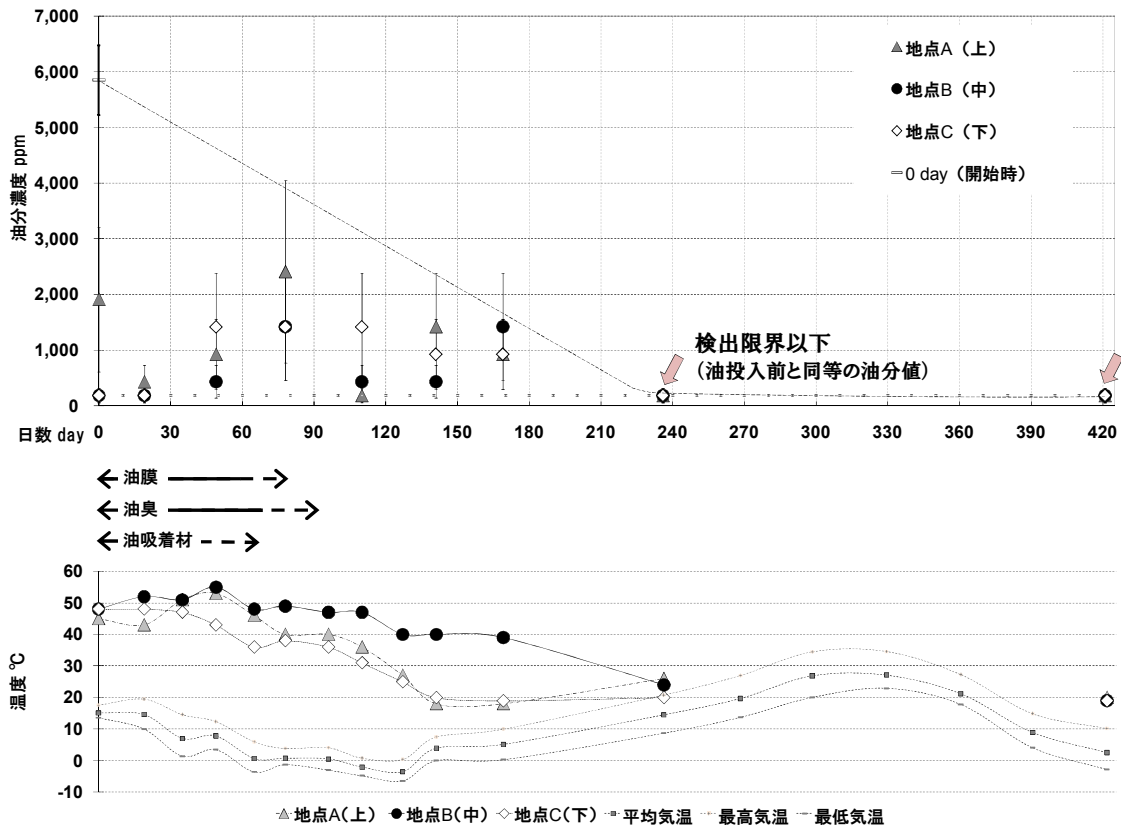


Fig. 3 実証試験パーク堆肥の内部温度（下），観察記録（中），油分濃度（上）の経時変化

けるガソリン（C6～12），軽油（C12～28），残油（C28～44）のいずれも通常のパーク堆肥同様100mg/kg/dry（検出限界）未満であった。

これらの試験結果から，油分濃度の低い測定値では影響が大きいことを考慮しても，本バイオ処理技術により災害漂着油回収物の油分は約8ヵ月でほぼ分解されたと判断し，実証試験の分解目標を達成した。

### 3.3 重金属等有害物質の影響

この実証試験では資源循環型の新たな災害廃棄物処理の方法として，災害漂着油回収物の分解処理後のパーク堆肥について法面緑化などでの緑化資材化再生利用をめ

ざしていることから，環境省や各県などの災害廃棄物及び津波堆積物の処理指針や処理計画等に沿って有害物質の化学分析を行った。つまり，災害漂着油回収物は，広義には有害物質等を含む津波堆積物の区分に属する分別回収物と考えられ，油以外に津波堆積物由来の重金属等を含んでいる可能性が否定できない。約14ヵ月目（24年11月30日＝421日）の土壤環境基準項目に準じた重金属等の溶出量10項目，含有量3項目の分析試験を行った結果をTable 1に示す。これらの項目すべてにおいて土壤環境基準を下回っており，実証試験パーク堆肥は有害物質を含まないことが確認できた。

また，分解処理後のパーク堆肥を法面緑化などの緑化用途で再生利用するには，肥料取締法によって汚泥発酵肥料などと同じく普通肥料として扱われることを想定する必要がある。同実証試験パーク堆肥により植害試験実施した試験結果をFig. 4に示す。この植害試験でも，有害物質によると考えられる植物の成長阻害や異常症状は認められなかった。

この分析や植害試験の結果からも，分解処理後のパーク堆肥は有害物質を含まないものであり，再生資材としても生活環境保全上の支障はなく，堆肥としての安全性を満たしていると考えられた。

Table 1 処理後堆肥の重金属等の分析結果

項目	環境上の条件	分析結果	単位
溶出量	カドミウム	0.01 以下	<0.001 mg/L
	全シアン	検出されないこと	不検出 mg/L
	鉛	0.01 以下	<0.005 mg/L
	六価クロム	0.05 以下	<0.01 mg/L
	砒(び)素	0.01 以下	0.004 mg/L
	総水銀	0.0005 以下	<0.0005 mg/L
	アルキル水銀	検出されないこと	不検出 mg/L
	セレン	0.01 以下	<0.001 mg/L
	ふっ素	0.8 以下	<0.08 mg/L
含有量	ほう素	1 以下	0.2 mg/L
	砒(び)素	15 以下	0.3 mg/kg
	カドミウム	0.4 以下	<0.1 mg/kg
	銅	125 以下	<0.5 mg/kg



Fig. 4 処理後堆肥の植害試験の結果

これにより、災害廃棄物処理方法としても現状の焼却処理と比べ低環境負荷（CO2排出で約1/3）であるだけでなく、今回のような津波等で漂着油汚染が発生した被災地内において分解処理と再生利用が可能な資源循環型の新たな社会技術となることが期待できると考えられた。

#### 4. 復興資材活用の取組

本研究は「油流出事故回収物の微生物分解処理の普及」の一環であり、震災に関連し被災地での復興資材活用に特化して、油の分解プロセスの把握や緑化資材化に向けた安全性の確認が行えた。このことから、被災地の復興事業に取り組む国や県及び地元自治体である大船渡市ほか関係機関に本研究の成果について現地説明し、公共工事や事業等の用途に合わせた緑化資材化、つまり実際の復興資材活用を試行するための取組みを行った。

平成 25 年 2 月中旬に関係機関を訪ねて説明及び活用についての協議を行った結果、本研究成果については理解

が示され、復興資材活用の試行に向け具体的に検討可能との意向が確認できた。

これらの試行実施は、公共工事や事業等の複数の用途で検討可能であったことから、具体的には次年度に向けてその条件に適合する緑化資材化の調整をはかることとなった。

#### 5. まとめ

本研究の実証試験の結果及びその後の取り組みの成果は、以下のとおりである。

- ・実際に大船渡市で回収された災害漂着油回収物中の濁油層の油種を調べた結果、C 重油が主体で A 重油と混濁した重油系漂着油であると確認した。
- ・災害流出油回収物をバイオ処理する実証試験の分解プロセスを把握した結果、パーク堆肥の内部温度は開始から 3 ヶ月以上 55~31℃で推移し、パーク堆肥中央部は、実証試験地の寒冷な気象条件であっても約 6 ヶ月後まで 40℃近い内部温度を維持し微生物の分解活性が高いことを示唆した。油膜や油臭は約 3 ヶ月で消え、油分濃度は約 5,800±620ppm から 500ppm（検出限界）以下となり、災害漂着油回収物中の油は約 8 ヶ月でほぼ分解され、目標を達成したと判断した。
- ・油以外で土壤環境基準値以上の重金属等の有害物質は含まれておらず、植害試験においても有害物質の影響と考えられる成長阻害や異常性状は認められず安全な緑化資材化が可能であった。
- ・新たな社会技術として再生利用を進める観点から、この実証試験後のパーク堆肥について復興資材活用の取組を行った結果、公共工事や事業等の複数の用途で試行実施が検討可能であった。

今後、具体的に条件に適合する緑化資材化の調整をはかる。これにより災害漂着油のバイオ処理が一般化し、新たな社会技術として進展するものと期待できる。

#### 謝辞

本研究にあたっては、実証試験にご尽力頂いた大船渡市の関係担当者、試験作業協力を頂いたトーア木材(株)田鎖氏はじめ、長年多大なる支援を頂いた(独)科学技術振興機構、貴重な助言を頂いた客員研究員 関正明氏、また活用に向けてご指導を頂いた国土交通省東北地方整備局、岩手県の各機関関係各位に深く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- (1) 小谷公人，他：油の微生物分解処理技術の一般化に関する研究（その 5），大分県産業科学技術センター平成 23 年度研究報告，2012